

## TITLE OF THE INVENTION

### 回路基板とその製造方法

## BACKGROUND OF THE INVENTION

### 1. Field of the Invention

本発明は、各種電子機器に用いられる回路基板に関するものである。

### 2. Description of the Related Art

近年、電子機器の小型、軽量化および高機能化に伴い、回路基板には、小型、軽量化および高速信号処理化、さらには高密度実装化が要求されている。このような要求に応える回路基板には、多層化、ビアホールの小径化および回路のファイン化技術等が必要である。そのため、従来のスルーホール構造によって層間の電気接続がなされる回路基板では、もはやこれらの要求を満足させることは極めて困難となりつつある。

このような要望に応えた回路基板が新たに開発されている。また、回路基板に用いる材料においても、従来のガラス基材だけでなく、有機繊維からなる基材やフィルムを用いることが試みられている。

その代表例の一つとして、導電性ペーストにより層間接続を確保した完全I V H構造を有する回路基板（日本特許第2601128号）がある。この回路基板は、絶縁体層にアラミドエポキシ樹脂等のコンポジット材料が使用されており、低熱膨張、低誘電率、軽量であるという長所を生かして、小型、軽量化を必要とする多くの電子機器に利用されている。

しかしながら、回路基板においてより高い性能を得るためには、接続抵抗の安定性をさらに長期的に確保する必要がある。

## SUMMARY OF THE INVENTION

したがって、本発明の主たる目的は、接続抵抗の安定性をさらに長期的に確保することである。

上述した目的を達成するためには、本発明は、要するに、2層以上の配線層と、前記配線層を電気的に絶縁する絶縁体層と、前記絶縁体層内に設けられて前記配線層同士を電気的に接続するビアと、前記ビアと前記配線層との間の界面に斑状に分散配置されて前記配線層を保護する保護剤と、を有し、

前記保護剤が存在しない前記界面領域それぞれの大きさを、前記ビアを構成す

導電粉の複数が前記配線層に当接可能な大きさに設定し、

前記導電粉の複数と前記配線層とを、前記保護剤が存在しない前記界面領域それぞれにおいて互いに当接させて電氣的に接続している。

これにより、次のような作用を発揮する。配線層とビアとの間の接着領域において保護剤が存在しない領域において、ビアを構成する導電粉と配線層とが電氣的に接続されることとなる。しかも、保護剤が存在しない領域において、導電粉の複数が、配線層に当接して電氣的に接続されることになるので、その電氣的接続はさらに強固なものとなる結果、接続抵抗の長期的な保存安定性および信頼性を確保することができる。さらには、保護剤が存在する領域においては、配線層やビアは、保護層により保護されることで酸化や水分の浸入を防止することができる。

なお、前記保護層は、前記配線層の表面に設けるのが好ましい。そうすれば、比較的簡単に保護層を前記界面に設けることができる。

前記保護剤として機能するものには、亜鉛、ニッケルを含むものが例として挙げられる。

また、前記保護剤を、前記ビアと前記配線層との間の接着強度を高める機能を有しているものから構成すれば、前記ビアと前記配線層との間の物理的接着強度が高まり、長期的な保存安定性がさらに向上する。

このような接着強度を高める機能を有する保護剤としては、クロメートまたはシランカップリング剤を含むものが例として挙げられる。

また、前記導電粉と前記配線層とを、金属凝着により互いに接合すれば、両者の間に金属凝着を伴う金属結合が生じ、これにより強固な導電パスが形成されて、良好な電氣的接続が得られることとなる。その結果、接続抵抗の長期的な保存安定性および信頼性がさらに向上することになる。

また、前記配線層と前記ビアとの間に金属凝着が生じる領域を、前記ビア断面積の0.03%以上になれば、接続抵抗の長期的な保存安定性と信頼性をさらに向上させることができる。

また、前記ビアを、導電体を含有する樹脂組成物であるとすれば、加熱加圧処理により圧縮が可能となり、その分、ビア内における導電体成分の占有率を高めて、導電パスをさらに強固なものとすることができる。

また、前記ビアが含有する導電体を、前記配線層と同じ導電体とすれば、金属結合や金属凝着を生じやすくすることができる。

このような回路基板は、絶縁体層に貫通孔を形成したうえでその貫通孔に導電性ペーストを充填する工程と、配線層となる導電体箔の接着面に保護剤を斑状に、かつ前記保護剤が存在しない接着面領域それぞれの大きさを、前記導電性ペーストを構成する導電粉の複数が前記配線層に当接可能な大きさに設定した状態で分散配置する工程と、前記導電体箔を前記絶縁体層に貼着する工程と、前記絶縁体層に対する加熱加圧により前記導電粉の複数と前記導電体箔とを互いに当接させることで前記導電体箔と前記導電性ペーストとを電気的かつ物理的に接合する工程とを含む製造方法により作製することができる。

ここで、前記導電体箔の接着面を保護剤含有液に当接させることで前記接着面にある微細凹部に前記保護剤を収納配置させるとともに、前記保護剤含有液の当接時間を調整することで前記微細凹部に対する前記保護剤の収納量を制御し、これにより、前記保護剤が存在しない接着面領域それぞれの大きさを設定することもできる。

この他、前記保護剤が存在しない接着面領域それぞれの大きさの設定方法には、前記導電体箔の接着面を保護剤含有液に当接させることで前記接着面にある微細凹部に前記保護剤を収納配置させるとともに、前記保護剤含有液の保護剤含有量を調整することで前記微細凹部に対する前記保護剤の収納量を調整し、これにより、前記保護剤が存在しない接着面領域それぞれの大きさを設定することもできる。

さらには、前記導電体箔の接着面に前記保護剤を含む層を形成したうえで、この保護剤層を、前記接着面にある微細凸部の頂上部が露出するまで研磨するとともに、研磨に際して前記頂上部の露出量を調整し、これにより、前記保護剤が存在しない接着面領域それぞれの大きさを設定することもできる。

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

本発明のそれ以外の目的はこれから説明する実施形態を理解すれば明白になり、添付されたクレイムに明示されよう。そして本明細書中に触れなかった数多の利益はこの発明を実施すれば、当業者に思い出せることであろう。

図1は、本発明の好ましい具体例である回路基板の構成を示す断面図；

図 2 は、金属凝着部のイメージ図；

図 3 A－図 3 D は、具体例の回路基板の製造方法の一例をそれぞれ示す図；

図 4 A、図 4 B は、具体例の回路基板の製造方法におけるその要部の形状の変化をそれぞれ示す図；

図 5 は、具体例の回路基板の特性を測定した結果を示す図；

図 6 は、比較例の回路基板の特性を測定した結果を示す図；

図 7 は、もう一つの比較例の回路基板の特性を測定した結果を示す図；

#### DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

以下、本発明の好ましい具体例について、図面を用いて詳細に説明する。

図 1 は、本発明の一具体例の回路基板の構造を示す断面図である。また図 2 は金属凝着部のイメージ図である。

図 1 において、1 は絶縁体層、2 は配線層、3 はビア、4 は導電粉、5 は金属凝着部、6 は保護剤である。図 2 において、5 a は凝着痕、5 b は凝着痕のイメージである。

図 1 に記載の回路基板は、絶縁体層 1 と配線層 2 とを交互に積層し、層間の電氣的接続をビア 3 により行っている。

この回路基板においては、次のような特徴がある。配線層 2 の表面のうち、少なくともビア 3 に当接する面（以下、ビア当接面という）2 a に、配線層 2 を保護する保護剤 6 が斑状に分散配置されている。そして、ビア当接面 2 a において、保護剤 6 が存在しない領域 7 それぞれの大きさを、ビア 3 を構成する導電粉 4 の複数個が配線層 2 の表面に当接可能な大きさに設定している。

このように配線層 2 を構成したうえで、領域 7 それぞれにおいて、導電粉 4 の複数個を、配線層 2 に当接させてビア 3 と配線層 2 とを電氣的に接続している。しかも、導電粉 4 と配線層 2 との物理的かつ電氣的接続を両者の金属凝着により形成している。

本具体例の回路基板は、例えば、次のようにして作製することができる。

まず、図 3 A に示すように、芳香族ポリアミド不織布に熱硬化性エポキシ樹脂等の熱硬化樹脂を含浸させたプリプレグからなる絶縁体層 1 に対してレーザー加工法等により貫通孔 8 を形成する。

形成した貫通孔 8 に導電性ペースト 9 を充填する。一方、図 3 B に示すように、

配線層2となる導電体箔10の接着面10a（ビア当接面2aとなる）に対して、亜鉛、ニッケル、クロメート、シランカップリン剤等からなる保護剤6を斑状に分散形成する。その際、保護剤6が存在しない領域7それぞれの大きさを、導電性ペースト9を構成する導電粉4の複数が配線層2に当接可能な大きさに設定する。

領域7の大きさを上記のように設定する方法としては、例えば、次に説明する三つの方法がある。

第1の方法は、図4Aに示すように、保護剤6を含有する薬剤（以下、保護剤含有液という）を作製したうえで、この保護剤含有液に導電体箔10の接着面（ビア3を含む絶縁体層1に接着する面）10aを当接させる。これにより接着面10aにある微細凹部11に保護剤6を収納配置させる。その際、接着面10aが保護剤含有液に当接する処理時間を調整することで微細凹部11に対する保護剤6の収納量を制御し、これによって領域7それぞれの大きさを設定する。

第2の方法は、導電体箔10の接着面10aを保護剤含有液に当接させることで接着面10aにある微細凹部11に保護剤6を収納配置させる。この点は第1の方法と同じである。第2の方法では、保護剤含有液において保護剤6を含有する量を調整することで微細凹部11に対する保護剤6の収納量を調整し、これによって領域7それぞれの大きさを設定する。

第3の方法は、まず、導電体箔10の接着面10aに保護剤6を含む層を形成する。その際、接着面10a全面を覆うように、保護剤を含む層を形成する。そのうえで、保護剤を含む層を、エッチング等により研磨する。その際、研磨量を調整することで、図4Bに示すように、接着面10aにある微細凸部12の頂上部12aの露出量を制御し、これにより、領域7それぞれの大きさを設定する。

以上のようにして、導電体箔10の接着面10aに保護剤6を斑状に分散形成したのち、図3Cに示すように、導電体箔10を絶縁体層1に貼着する。そして、絶縁体層1と導電体箔10に対して加熱加圧処理（例えば、200℃、4.9MPaで1時間の条件による処理）を加えることで、導電体箔10を絶縁体層1とに固定する。その際、導電粉4の複数個を導電体箔10の表面に当接させ、これによって導電体箔10と導電性ペースト9の導電粉4とを電気的かつ物理的に接合する。

このような導電体箔10と導電性ペースト9とを電気的かつ物理的な接合工程においては、加熱加圧処理によって導電粉4と導電体箔10との接着界面に金属凝着部5が形成される。そのため、金属凝着部5による金属結合で強固な導電パスが形成されて良好な電気的接続が得られる。

導電体箔10と導電性ペースト9とを電気的かつ物理的に接合したのち、図3Dに示すように、導電体箔10をフォトリソグラフィ手法によりパターンニングすることで、配線層2を形成する。

以上のようにして両面回路基板からなる回路基板を形成するのであるが、4層等の多層回路基板を形成する場合には次のようにする。なお、以下の説明では、4層の多層回路基板の場合を例にして説明するが、他の枚数の多層回路基板の場合も同様である。

貫通孔8に導電性ペースト9を充填した他の絶縁体層1を一对用意し、これら他の絶縁体層1により両面回路基板の両面を挟み、さらにその両面に銅箔等からなる導電体箔10（保護剤形成済）を積層する。この状態で上述した条件と同等の条件で加熱加圧成形した後、導電体箔10をパターンニングすることで、4層構造の回路基板を形成する。

図5～図7は、上述した具体例および比較例1、2に用いた銅箔の最表面状態をXPS装置（X線光電子分光分析装置）により、分析した図である。ここでは、保護剤6として亜鉛およびニッケルを用いている。

図5は、保護剤6による表面処理を全く施されていない導電体箔（銅箔）10の接着面10aを、XPS装置により分析した比較例1の分析結果を示している。図6は、亜鉛およびニッケルからなる保護剤6でその全面を覆った導電体箔（銅箔）10の接着面10aを、同様に分析した比較例2の分析結果を示している。図7は亜鉛およびニッケルからなる保護剤6を斑状に分散配置した導電体箔（銅箔）10の接着面10aを、同様に分析した本発明の具体例の分析結果を示している。

図中、横軸はシフト量を示し、縦軸は、測定結果の度数を示している。さらには、各データは、18sec間隔で実施するスパッタリングにより、接着面10aの表層を微小厚みずつ削り取った各切削表面を、それぞれのスパッタリング処理が終了した時点で測定した結果を示している。図中、下側に位置するデータほど

最表面に近く、最下側のデータが最表面のデータを示している。

この図から明かなように、亜鉛およびニッケルからなる保護剤 6 でその全面を覆った導電体箔（銅箔）10を有する比較例 2 の接着面 10a の最表面には、明らかに保護剤 6 だけが存在している。また、保護剤 6 による表面処理を全く施されていない導電体箔（銅箔）10を有する比較例 1 の接着面 10a の最表面には、明らかに導電体箔 10 だけが存在している。これに対して、保護剤 6 を斑状に分散配置した導電体箔 10 を有する本発明の具体例の接着面 10a の最表面には、明らかに導電体箔 10 と保護剤 6 とが混在している。なお、図 7 中、符号 A、B、C が保護剤 6 のピークを示している。

本発明の回路基板においては、保護剤 6 による配線層 2（導電体箔 10）の表面処理の量を減らす等の手法により、配線層 2 のビア当接面 2a に対して斑状に保護剤 6 を配置している。これにより、保護剤 6 が存在しない領域 7 において、複数の導電粉 4 が配線層 2 に当接して電気的に接続される。そのため、形成される導電パスの電気的特性は安定することになる。さらには、電気的接続が、導電性ペースト 9 中の導電粉 4 と配線層 2 との間に、金属凝着により形成されるので、より以上に強固な導電パスが形成されることになる。このような理由により、接続抵抗は長期的に安定する。

また、接続に関与しない部分には保護剤 6 が存在することで、導電パス形成領域周辺の酸化防止、ならびに導電パス形成領域に対する外部からの水分侵入を防止することができる。

酸化防止、水分侵入防止の効果を奏する保護剤としては、亜鉛やニッケル等の物質が適している。さらには、保護剤 6 として、クロメートやシランカップリング剤を用いれば、酸化防止、水分侵入防止の効果を奏するほかに、配線層 2 とビア 3 との間の接着強度を高めることもできる。

また、本具体例において、配線層 2 として銅箔を用いたが、このほか、ステンレス箔、アルミニウム箔、ニッケル箔等の公知の金属箔も同様に用いることができ、その場合であって、同様の効果が得られる。

なお、本具体例においては、絶縁体層 1 として芳香族ポリアミド不織布基材に熱硬化性エポキシ樹脂を含浸したプリプレグを使用した。しかしながら、本発明で用いることができる絶縁体層 1（基材）としてはこれに限るものでなく、この

他、ガラス布基材、ガラス不織布基材、アラミド布基材、アラミド不織布基材、液晶ポリマー不織布基材等を挙げることができる。

また、本発明において採用可能な熱硬化性樹脂としては、フェノール樹脂、ナフタレン系樹脂、ユリア樹脂、アミノ樹脂、アルキッド樹脂、ケイ素樹脂、フラン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂等の公知の熱硬化性樹脂を挙げることができる。絶縁体層 1 を構成するプリプレグはこれらの基材と熱硬化性樹脂の組み合わせで用いることができ、本具体例と同様の効果が得られる。

また、本発明においては、絶縁体層 1 としては、基材に樹脂を含浸したプリプレグを使用した、絶縁体層には高分子フィルムを使用することも可能である。高分子フィルムとしては、ポリイミドフィルム、アラミドフィルム、液晶ポリマーフィルム等の公知の高分子フィルムを挙げることができる。

なお、本発明において、採用可能な導電性ペースト 9 は、少なくとも導電粉 4 と熱硬化性樹脂から構成されており、さらには、導電粉 4 は、銅粉末、銀粉末、ニッケル粉末、アルミニウム粉末等の金属粉末、およびこれら金属の被覆層を有する粉末が挙げられる。また、導電粉 4 のの形態は樹脂状、フレーク状、球状、不定形のいずれの形態であっても良い。熱硬化性樹脂には、フェノール系樹脂、ナフタレン系樹脂、ユリア樹脂、アミノ樹脂、アルキッド樹脂、ケイ素樹脂、フラン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂等の公知の樹脂を挙げることができる。これらを適宜組み合わせることもできる。また導電性ペーストの酸化安定性や粘度調整のために添加剤や溶剤を熱硬化性樹脂に加えてもよい。

本発明の具体例、および比較例 1、2 で得た回路基板の接続信頼性評価（PCT 試験、高温高湿環境試験、耐半田リフロー試験）を行った結果を表 1 に示す。

比較例 1 は、上述したように、保護剤 6 による表面処理を全く施されていない配線層 2 を有する回路基板である。同様に、比較例 2 は、亜鉛およびニッケルからなる保護剤 6 でその全面を覆った配線層（銅箔）2 を有する回路基板である。

なお、PCT 試験では、サンプルに対して、 $121^{\circ}\text{C}/0.2\text{MPa}$  という条件の環境下に 300h 投入する前後において接続抵抗を測定したうえでその抵抗値変化率を算定し、これによって各サンプルを評価した。



耐半田リフロー試験では、サンプルに対して、230℃/30秒を1サイクルとするリフロー処理を10サイクル行う前後において接続抵抗を測定したうえで、その抵抗値変化率を算定し、これによって各サンプルを評価した。

高温高湿環境試験では、サンプルに対して、85℃/85%という環境下に168h投入する前後において接続抵抗値を測定したうえで、その抵抗値変化率を算定し、これによって各サンプルを評価した。

接続抵抗値の測定は3456A（ヒューレットパッカード社製）を用い、4端子法で測定した。

【表1】

サンプル内容	凝着面積 【%/ビア断面積】	試験	結果*
本発明の具体例1	0.03～	PCT試験	◎
		85℃/85%RH/168h	◎
		230℃/30sec×10cycle	◎
比較例1	0.03～	PCT試験	○
		85℃/85%RH/168h	◎
		230℃/30sec×10cycle	◎
比較例2	<0.01	PCT試験	△
		85℃/85%RH/168h	○
		230℃/30sec×10cycle	◎

接続抵抗値の変化率が3%未満◎、3～5%○、5～10%を△とする。

表1から明らかなように、本発明の具体例は、保護剤6による表面処理を全く施していない比較例1と同様の初期接続抵抗値が得られる。このような安定した初期接続抵抗値を得るためには、表1から明らかなように、配線層2と導電粉4との間に金属凝着が生じる領域の面積を、ビア3の断面積の0.03%以上にすることが好ましい。

本発明では、以上の効果に加えて、次のような効果がある。すなわち、保護剤6が存在しない領域7において、複数の導電粉4が配線層2に当接して電氣的に接続されるので、形成される導電パスの電氣的特性はさらに安定する。しかも、配線層2のビア当接面2aに斑状に保護剤6が分散配置されていることで、導電性ペースト中の導電粉4と配線層2の導電体（銅）との間に金属凝着部5が形成されて、さらに強固な導電パスを得られる。以上の理由により、回路基板における接続抵抗を長期的に保存させて安定化させることができる。

また、接続に関与しない部分に保護剤6が存在することで、酸化防止、水分侵

入防止の効果がある。そのうえ、保護剤6として、配線層2とビア3との間の接着強度を高める物質（クロメートやシランカップリング剤等）を用いれば、配線層2とビア3との接着強度を高めて、保存安定性をさらに高めることができる。

以上の説明から明らかであるように、本発明では、配線層とビアとの界面に保護剤を斑状に分散配置しているので、ビア中の導電粉と配線層との間に強固な導電パスが形成される結果、接続抵抗の長期的な保存安定性が得られる。しかも、保護剤が存在しない領域においては、複数の導電粉が配線層に当接することで、両者の電氣的接続を得るので、その接続はさらに強固なものとなる。

また、導電粉と配線層との間に金属凝着を形成すれば、金属原子同士が極めて近傍にあることで極めて強い接合力が働き、これにより、さらに、接続抵抗の長期的な保存安定性を確保することができる。

また、保護剤が存在する領域においては、配線層やビアが保護層により保護されて酸化や水分の浸入が防止されることになる。これにより導電パスを強固なものとし、さらには配線層とビアとの間の電氣的接続性や物理的密着力を向上させることができ、さらに信頼性の高い回路基板を提供することができる。

この発明を詳細にその最も好ましい具体例について説明したが、その好ましい実施形態についての部品の組み合わせと配列は、後に請求するこの発明の精神と範囲とに反することなく種々変更することができるものである。